AUS DER CHIRURGISCHEN ABTEILUNG DES KANTONSSPITALS
LIESTAL

(Chefarzt: Prof. H. Willenegger)

Druckplattenosteosynthese zur Behandlung von Pseudarthrosen der langen Röhrenknochen

Inauguraldissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der gesamten Heilkunde der Medizinischen Fakultät der Universität Basel

Vorgelegt von
JOHANNES MÜLLER, von Birmenstorf, AG

1966

Druck: A. Schudel & Co. AG, Riehen
Basel 1969

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Von der Medizinischen Fakultät Basel genehmigt auf Antrag
von Prof. Dr. med. H. WILLENEGGER

Tag der Promotion: 11. März 1966

Druckplattenosteosynthese zur Behandlung von Pseudarthrosen der langen Röhrenknochen

Von Johannes Müller

Die vielen bis jetzt bekannten Methoden zur Behandlung von Pseudarthrosen lassen insofern einen gemeinsamen Nenner erkennen, als die Zielsetzung einerseits morphologische und biologische, anderseits auch mechanische Gesichtspunkte beinhaltet.

Die Bedeutung der absoluten Ruhigstellung, als einer der wichtigsten mechanischen Heilfaktoren, wurde nie bestritten. Die biologisch wirksamen Maßnahmen waren von der Idee beherrscht, auf irgend eine Weise die osteogenetische Aktivität anzutreiben (Entzündungsreize, Anfrischung, Knocheneinlage).

In der vorliegenden Arbeit sollen Pathogenese und Therapie der Pseudarthrosen, wie sie sich aus historischer Sicht und auf Grund der aktuellen Forschung ergeben, kurz dargestellt werden.

Ursachen der Pseudarthrosenentstehung

Bei der *konservativen Frakturenbehandlung* sind die Ursachen, die zu Pseudarthrosen führen, bekannt und bedürfen keiner eingehenden Besprechung mehr. Die Hauptursachen sind immer wieder die fehlende ununterbrochene Ruhigstellung und die devitalisierten Bezirke, in welchen die Kallusbildung dementsprechend verzögert ist.

Auch bei der *operativen Frakturenbehandlung* sind, abgesehen von der Wundinfektion, instabile Osteosynthesen die Hauptursache der Pseudarthrosen. Im Tierexperiment können durch instabile Implantate Pseudarthrosen regelmäßig erzeugt werden (J.F. Müller, Schenk und Willenegger; Schenk, J.F. Müller und Willenegger). So sind auch in der Praxis eine übergroße Zahl von Pseudarthrosen als Folge von instabiler Osteosynthese beobachtet worden. An allen entsprechenden Kongressen der letzten Jahre wurden solche Fälle demonstriert. Auch die quere Pseudarthrose nach Cerclage von Unterschenkelfrakturen auf der Basis von Resorptionszonen ist ein klassisches Beispiel für instabile Fixation (siehe z. B. bei Huwyler). Eine weitere Ursache ist die ungenügende Adaptation der Bruchenden bei Corticalisbrüchen. Wenn die Adaptation frakturierter Corticalisenden so eng erfolgt, dass weder vom Periost, noch vom Endost mesenchymale Elemente in den Frakturspalt eindringen können, dann werden die Haversschen Systeme (Osteone) zum ausschließlichen Träger der Frakturheilung, indem sie von dem einen Corticalisende in das andere hinüberwachsen, unter gleichzeitiger Substitution der bionekrotischen Knochenpartien, die man an den Frakturenden der Corticalis regelmäßig vorfindet. So wird die osteogene Knochenregeneration gewissermaßen zum Maßstab dafür, ob eine Osteosynthese biologisch richtig ausgeführt worden ist. Exakte anatomische Reposition und Stabilität gehören zusammen und bilden eines der wichtigsten Prinzipien bei der Osteosynthese. Schlechte Adaptation führt unter Osteosynthesebedingungen zu einer starken Verzögerung der Knochenbildung. Dadurch entsteht die Gefahr, daß sich die Implantate vorzeitig lockern, oder daß es infolge Ermüdungsbruch des Metalles zur Instabilität kommt. Nur bei der Marknagelung, wo bei quer- und kurzen Schrägfrakturen der Grad der Stabilität Belastbarkeit erreicht, tritt die Forderung an eine exakte anatomische Reposition zurück.

Es entspricht einer viel verbreiteten Beobachtung, daß die meisten Pseudarthrosen bei jungen Patienten zu finden sind (Wray 1965). Auch in unseren Fällen

betrug das Durchschnittsalter 31,3 Jahre. Diese Beobachtung lenkt auf eine morphometrische Studie von Frost und Sedlin hin, die zwischen dem 30. und dem 35. Altersjahr einen eindeutigen, wenn auch vorübergehenden Rückgang der Knochenumbauvorgänge finden. So wäre es u. U. durchaus denkbar, daß in dieser Altersklasse biomechanisch unrichtig durchgeführte Osteosynthesen zu besonders verzögerter Frakturheilung neigen könnten. Alle andern, nicht selten diskutierten Kausalfaktoren, wie Störungen des Eiweiß-, Kalzium- oder Hormonstoffwechsels, müssen mit größter Zurückhaltung bewertet werden. Sowohl für die konservative, als auch für die operative Frakturbehandlung steht die ungenügende *biomechanische Konstellation* im Vordergrund der Pseudarthrosengenese. Selbstverständlich darf man die Bedeutung von devitalisierten Knochen nicht übersehen. Wird aber unter letztgenanntem Umstand über die Zeitdauer der Revitalisation absolute Stabilität gewährleistet, so bleibt die Pseudarthrosenbildung aus. Als Beispiele seien die verzögerte Heilung von devitalisierten Drehkeilen und Mittelfragmenten bei Stückbrüchen erwähnt.

Die Pseudarthrosenbehandlung aus kurzer historischer Sicht

Es lassen sich *zwei Zeitabschnitte* verfolgen, von denen jeder durch bestimmte Behandlungsprinzipien gekennzeichnet ist:

1. Die *Periode* der *mechanischen* und *entzündlichen* Reizung: Das historisch älteste Verfahren, die bei Celsus (20 n. Chr.) beschriebene Reizung der Fragmentenden durch Aneinanderreiben, dürfte ihren Höhepunkt darin gefunden haben, daß man den Pseudarthrosenbezirk sogar mit dem Hammer bearbeitete. Die mechanischen Reizversuche wurden dann mehr und mehr durch das Bestreben verdrängt, mit verschiedenen Mitteln eine unspezifische, reaktive Entzündung («Heilentzündung») zu erzeugen oder eine schon vorhandene zu verstärken, um die Verknöcherungsvorgänge anzuregen. So bildeten Massage, Wärmeapplikation, Einspritzungen von Eigenblut, Fibrin, Jod und anderer chemischer Reizstoffe den Versuchskatalog für die Pseudarthrosenbehandlung bis in die Mitte des letzten Jahrhunderts.

2. Ein neuer Zeitabschnitt in der Pseudarthrosenbehandlung konnte erst mit der Einführung der Asepsis beginnen. Es folgt die Periode der *operativen Anfrischung* und der *Knochenspanverpflanzung*. Aus diesem Zeitabschnitt sind eine fast unübersehbare Fülle von einzelnen, methodischen Variationen bekannt, die im großen und ganzen zwei Grundtendenzen erkennen lassen:

a) Die Periode der gleichzeitigen *Resektion* und *Anfrischung* der sklerotischen Frakturenden mit vollständiger Entfernung des sogenannten «schlechten Bindegewebes» aus dem Pseudarthrosenspalt. Seit der ersten Knochenverpflanzung von Nussbaumer (1860) hat sich eine große Anzahl von Chirurgen, wie Lexer, Brun, Kirschner, Beck, Matti, Brandes, Boehler, Bürkle de la Camp, um einige der wichtigsten zu nennen, mit der Pseudarthrosenbehandlung durch Spanplastik verdient gemacht. Bei allen diesen Transplantationen von Knochen jeglicher Art und Herkunft erblickte man im transplantierten Knochen einen Träger von osteogenetischen Fähigkeiten, durch den die Bildung von periossären Kallusbrücken induziert werden sollte. Die großen Unterschiede in der dabei

beobachteten Kallusbildung hingen nicht allein davon ab, ob konservierter oder frischer Knochen verpflanzt wurde, sondern auch von der Aktivität des Wirtbettes und von allfälligen Immunreaktionen bei homo- und heterologer Knochenverpflanzung (siehe z. B. WILLENEGGER und HULLIGER).

b) Dem gegenüber steht die Konzeption von PHEMISTER, daß mit der *Spananlagerung allein*, ohne jegliche Anfrischung der Pseudarthrose, genügend wirksame osteogenetische Faktoren übertragen werden, um das pseudarthrotische Zwischengewebe auf dem Wege der Induktion zur Kallusbildung anzuregen. Viele Erfolge mit dem PHEMISTER-Span haben dieser These recht gegeben. Voraussetzung ist aber eine absolute Ruhigstellung, die alle schädlichen mechanischen Einflüsse ausschaltet.

Die gegenwärtigen Gesichtspunkte in der Pseudarthrosenbehandlung

Mit der Einführung der Druckosteosynthese bei frischen Schaftfrakturen durch DANIS (1949) eröffneten sich für die Pseudarthrosenbehandlung neue Wege. Ganz besonders geschah dies unter dem gleichzeitigen Einfluß der Grundlagenforschung über die Beziehung von Druck und Histogenese (KROMPECHER, PAUWELS, BASSETT).

PAUWELS (1940) kommt das große Verdienst zu, das *mechanische Moment* bei der Pseudarthrosenentstehung überzeugend dargestellt zu haben. Seine auf Grund eines großen klinischen Tatsachenmaterials und sinnvoller physikalischer Modellversuche basierende Theorie läßt sich wie folgt zusammenfassen: Da die knochenbildenden Elemente (Kapillaren und Osteoblasten) sehr empfindlich auf mechanische Störungen (intermittierende Druck-, Zug- und Scherkräfte) reagieren, kann ein ungestörter Ablauf nur in mechanisch vollständig stabilisierten Zonen vor sich gehen. Bei unstabiler Fixation kommt das in den Frakturspalt einwachsende Granulationsgewebe in den Bereich von ungünstigen Kräftefeldern, die seine weitere Differenzierung lediglich zu fasrigem Bindegewebe oder zu Knorpelgewebe determinieren. Die Bereitschaft zur Bildung von Knochengewebe bleibt in den im Pseudarthrosenspalt vorhandenen pluripotenten Mesenchymzellen erhalten. Werden die schädlichen mechanischen Kräfte durch absolute Ruhigstellung beseitigt, so beginnt sofort der Verknöcherungsprozeß. Durch sinnreiches Einsetzen von Knochenspänen konnte PAUWELS die mechanische Unruhezone ausschalten und so eine rasche Ausheilung von Pseudarthrosen erreichen.

Bereits 1937 konnte KROMPECHER anhand von Tierexperimenten demonstrieren, daß sich unter konstanter Druckanwendung pluripotente Mesenchymzellen direkt zu Osteoblasten differenzieren. BASSETT (1961) untersuchte das Verhalten der Mesenchymzellen in vitro. Seine experimentellen Untersuchungen an Gewebskulturen lassen in Analogie zu PAUWELS den Schluß zu, daß pluripotentes embryonales Bindegewebe unter Zugspannung zur Bildung von Faserstrukturen neigt, unter Druckwirkung hingegen Knochensubstanz aufbaut. Wird die Druckwirkung mit Sauerstoffmangel kombiniert, so entsteht Knorpel. So waren Druck und ausreichende Sauerstoffversorgung die notwendigen Milieubedingungen für die Knochenbildung. Die Bedeutung des Druckes ist eines der ak-

tuellsten Probleme. Mit einer Übertragung der in vitro-Versuche von BASSETT in die klinische Praxis muß man äußerst vorsichtig sein.

Während die Bedeutung der Instabilität auf die Entstehung der Pseudarthrose aus klinischer Sicht schon längst bekannt ist, ist die Darstellung dieses Problems neuerdings auch experimentell gelungen. Am Tierexperiment konnten JOHANNES MÜLLER, SCHENK und WILLENEGGER zeigen, daß bei einer reaktiven Pseudarthrose rein mechanische Einflüsse als pathogenetische Faktoren im Vordergrund stehen. Die mechanischen Störkräfte wirken entweder direkt auf die histologische Differenzierung der pluripotenten Zellen des Granulationsgewebes im Frakturspalt, oder sie hindern die Blutgefäße durch indirekte Zerstörung am Einwachsen in den Frakturspalt. Werden diese experimentell erzeugten reaktiven Pseudarthrosen mit einer Druckplatte stabilisiert, so verknöchert das pseudarthrotische Zwischengewebe in kürzester Zeit. Die Druckplattenosteosynthese brachte gegenüber der Verplattung ohne Kompression eine Verkürzung der Heilungsdauer. Ob die Druckanwendung über eine sichere Verbesserung der Stabilität und bessere Annäherung der Fragmente hinaus noch eine qualitative Beeinflussung der Gewebsdifferenzierung bewirkte, konnte auf Grund der bisherigen Experimente nicht mit Sicherheit beantwortet werden.

Schon die Arbeiten von KROMPECHER und PAUWELS hatten es an sich nahe gelegt, die Mittel der Osteosynthese *Druck und Stabilität* für die Behandlung von Pseudarthrosen anzuwenden. Es dürfte wohl das Verdienst von GREIFENSTEINER und WUSTMANN (1953) sein, den ersten Schritt in dieser Richtung getan zu haben. Sie erzielten mit der Methode des Doppeldraht-Spannbügels, ähnlich wie sie von KROMPECHER 20 Jahre früher bei seinen Tierversuchen angewandt wurde, knöcherne Heilung von Pseudarthrosen. In Anlehnung an die Kompressionsosteosynthese mit STEINMANN-Nägeln und äußeren Spannern von CHARNLEY (1948) für die Knieathrodesen haben M. E. MÜLLER und ALLGÖWER (1958) diese Art von stabiler und gleichzeitig komprimierender Fixation speziell auch für die Behandlung von nicht angefrischten Pseudarthrosen angegeben. Als viel zuverlässiger und zweckmäßiger konnte das Behandlungsprinzip von Stabilität und Kompression durch die Anwendung der Druckplatten-respektive Zuggurtungsplattenosteosynthese, wie sie innerhalb der AO (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen) für frische Frakturen entwickelt wurde, auf die Pseudarthrosenbehandlung übertragen werden (M. E. MÜLLER). Die Druckplattenosteosynthese brachte eine wesentliche Verbesserung von Stabilität und Kompression. Ferner kann die Nachbehandlung erleichtert werden, indem eine schmerzfreie Frühmobilisation aller beteiligten Gelenke gewährleistet ist. Durch die Freilegung der Pseudarthrose können allfällige Achsenfehler sehr genau korrigiert werden.

Eine weitere Bereicherung in der Pseudarthrosebehandlung bildet die Marknagelung nach KÜNTSCHER (1958). Die pathophysiologische Bedeutung dieses Vorgehens besteht in erster Linie darin, daß durch die lege artis durchgeführte Nagelung in Folge ihrer absoluten Stabilisierung alle schädlichen mechanischen Einflüsse radikal beseitigt werden.

Am Schluß muß noch auf die klinischen und experimentellen Studien von R. und J. JUDET (1958) über die Vaskularisation der Pseudarthrosen von langen Röhrenknochen eingegangen werden. Sie bilden für den Kliniker einen nicht

mehr wegzudenkenden Schlüssel für die Indikationsstellung. Die Pseudarthrosen werden in zwei grundsätzlich verschiedene Typen klassiert:

a) Pseudarthrosen *mit Reaktion.* Diese zeigen kolbig aufgetriebene pilz- oder elephantenfußförmige, sklerotische Knochenenden im ursprünglichen Frakturbereich. Die histologischen Merkmale sind knöcherne Hyperplasie und sehr gute Vascularisation der betreffenden Knochenenden (Abb. 1 A).

b) Pseudarthrosen *ohne Reaktion.* Hier sind die beiden Knochenenden der Fraktur nekrotisch. Im Röntgenbild ist weder eine Sklerosierung, noch eine knöcherne Hyperplasie zu erkennen. Die Frakturenden sind eher zugespitzt und atrophisch (Abb. 1 B).

A. Elephantenfuß-förmige, reaktive Pseudarthrose. Mit sklerotischen Fragmentenden.

B. Avaskuläre, reaktionslose Pseudarthrose. Die Fragmentenden sind nekrotisch.

Schema 1: Schematische Darstellung einer reaktiven und einer reaktionslosen Pseudarthrose.

Die röntgenologische Beurteilung zur genauen Definierung des Pseudarthrosentypus und somit die Festlegung der entsprechenden optimalen Behandlungsform kann oft recht schwierig sein.

Alle reaktiven Pseudarthrosen, welche nach PAUWELS einen mechanisch erzwungenen Stillstand der Frakturheilung im Stadium der ersten Verbindung der Knochenenden durch Binde- und Knorpelgewebe darstellen, konsolidieren mit Sicherheit, sobald die schädlichen mechanischen Einflüsse ausgeschaltet werden.

Bei den avasculären oder reaktionslosen Pseudarthrosen, die gegenüber den reaktiven Pseudarthrosen wahrscheinlich viel seltener sind, haben wir andere biologische Voraussetzungen. Hier sind die Frakturenden nekrotisch. Aus theoretischer Sicht darf man bei Pseudarthrosen ohne Reaktion mit der alleinigen Stabilisierung, ob mittels Marknagel oder Druckplatte, nicht ohne weiteres eine knöcherne Heilung erwarten. Die klinische Erfahrung lehrt jedenfalls, daß diese avasculären Pseudarthrosen nur dann rasch verknöchern, wenn gleichzeitig mit der Stabilisierung auch ein Anlagespan als Träger der Osteogenese eingesetzt wird. Von allen verfügbaren Knochenimplantaten ist der autologe Spongiosaspan von einer Dicke von 5 bis 8 mm der biologisch wertvollste, da er nach der Transplantation längere Zeit überlebt und durch Einsprossen von Kapillaren an kleinsten Korrosionsstellen die Substitution sofort beginnt.

4. Eigenes Krankengut

In den Jahren 1962 bis 1966 wurden an der chirurgischen Abteilung des Kantonsspitals in Liestal 59 Pseudarthrosen mit der Druckplatten- respektive Zuggurtungsplattenosteosynthese nach den von M. E. Müller innerhalb der AO entwickelten Prinzipien behandelt. 58 Fälle mit der geraden Platte, 1 Fall mit dem nach Bandi abgewandelten Plattenmodell.

Geschlechtsverteilung, Lokalisation der Frakturen, Unfallursachen und primäre Versorgung gehen aus Tabelle 1 hervor. Bei den primär operativ behandelten Frakturen (41 Fälle) handelt es sich in 37 Fällen durchwegs um inadaequate und technisch fehlerhafte Osteosynthesen, die alle wegen ungenügender Stabilität einen zusätzlichen Gipsverband erforderten. In 3 Fällen kam es ohne äußeres Trauma zu einem Ermüdungsbruch des Implantates (2 Druckplatten, 1 Marknagel), in 1 Fall führte ein neuer Unfall 16 Wochen nach der Operation bei liegender Platte zu einer Refraktur, die in der Folge pseudarthrotisch heilte.

Bei vorausgegangener Osteitis betrug die Zeit zwischen dem spontanen Fistelverschluß und der operativen Sanierung der Pseudarthrose im Minimum 16 Wochen, im Maximum 6 Monate.

Das durchschnittliche Zeitintervall zwischen Unfallereignis und Pseudarthrosenoperation betrug 110 Wochen (ca. 2 Jahre).

Praeoperative Behandlung: Durch intensive und zweckmäßige Physiotherapie, welche in der Regel ambulant durchgeführt wurde und je nach dem Zustand der Muskulatur und der Gelenksfunktion wenige Tage bis Monate in Anspruch nahm, wurden die durch die lange Vorbehandlung entstandenen Ruheschäden behoben oder mindestens stark verbessert. Das Ziel dieser Vorbehandlung lag darin, ein gewisses Optimum an Gelenksfunktion, Weichteilzustand und Zirkulationsverhältnisse zu erreichen, um nach vollzogener stabiler Osteosynthese sofort mit der aktiven Bewegungsbehandlung fortfahren zu können. In diesem Sinne bietet die stabile Osteosynthese, sei es mit der Druckplatte oder sei es mit der Marknagelung, gegenüber allen Behandlungsmethoden, die eine zusätzliche Gipsfixation erfordern, einen grundlegenden Vorteil von erstrangiger Bedeutung, ganz abgesehen vom Komfort für den Patienten.

Operativ-technische Bemerkungen: Die Schnittführung erwies sich einzig bei bereits operativ angegangenen Unterschenkelpseudarthrosen als problematisch. Die Operationsnarben lagen bei diesen Fällen ausnahmslos über der Facies medialis tibiae. Es blieb nichts anderes übrig, als den Hautschnitt ebenfalls medial durch das frühere Narbengebiet zu legen. In allen derartigen Fällen muß die Druckplatte über der Facies lateralis tibiae eingesetzt werden, weil die medial eingesetzte Platte direkt unter die Operationswunde zu liegen käme, was leicht zu Wundheilungsstörungen Anlaß gibt. Nach der Erfahrung der AO liegt der günstigste Hautschnitt unmittelbar lateral der vorderen Tibiakante.

Für das Anbringen der Druck- respektive Zuggurtungsplatte ist die Kenntnis der Zugspannungsseite unerläßlich. Wird eine Zuggurtungsplatte auf der Druckseite angebracht, so werden die Zugkräfte nicht ausgeschaltet und die Pseudarthrose kann somit nicht ruhig gestellt werden. Nach kurzer Zeit muß eine auf der Druckseite liegende stark auf Biegung beanspruchte Platte brechen. Beim Femur, das mit einer gebogenen Säule verglichen werden kann, vermag nur eine auf der

Außenseite angebrachte Platte alle Zugspannungen aufzufangen. Während eine auf der Druckseite montierte Platte keine Stabilität gewährt und kurze Zeit nach der Belastung einen Ermüdungsbruch aufweisen würde. Bei der Tibiapseudarthrose muß die Zuggurtungsplatte stets auf der Konvexseite angebracht werden. Da die meisten Tibiapseudarthrosen eine Varusfehlstellung zeigen, muß folgerichtig die Zuggurtungsplatte lateral appliziert werden. Bei der seltenen Tibiapseudarthrose in Valgusfehlstellung wird die Platte medial angelegt.

In der Regel wurde der Knochen für das Aufsetzen der Platte nicht denudiert. Die Platte wird wenn möglich direkt auf das narbige Periost aufgeschraubt. Nur die Muskulatur wurde im gegebenen Falle soweit abgelöst, daß genügend Platz für das Plattenlager geschaffen werden konnte.

In 38 Fällen bestand das grundsätzliche Verfahren darin, daß die Pseudarthrose ohne jegliche Anfrischung nur mit der Druckplatte stabilisiert und komprimiert wurde. Bei Unterschenkelpseudarthrosen mußte nur selten eine gleichzeitige Fibulotomie angewendet werden, weil durch die Kompression auf der Zugseite die Fehlstellung korrigiert und zugleich die Tibia verlängert wird.

In 14 Fällen, welche eine Varusfehlstellung von mehr als 25 bis 30 Grad aufwiesen, setzte das Anbringen der Druckplatte auf der Zugseite eine mediale Distraktionsosteotomie voraus, die durch entsprechende Aufmeisselung des Pseudarthrosenspaltes leicht zu erreichen war. Der dadurch geschaffene, klaffende Distraktionsspalt wurde mit autologer Spongiosa aus dem Beckenkamm oder mit kleinen aus der knöchernen Pseudarthrosennarbe gewonnenen Chips nach Matti kompakt aufgefüllt. Neben der Umwandlung einer falschen in eine richtige biomechanische Konstellation hat dieses Verfahren den Vorteil, daß sich eine Verkürzung umgehen läßt. Die Schwierigkeit der genauen Achsenkorrektur an Tibia, Femur und den Vorderarmknochen, wo sie unbedingt notwendig sind, dürfen nicht unterschätzt werden. Oft ist die Beurteilung der Achse durch Kallushöcker und kallusbedingte Deformitäten erschwert. Es ist dann notwendig, während der Operation Röntgenbilder, die nicht selten eine bessere Beurteilung als der Bildumwandler erlauben, zu machen. Am Humerus genügt die grob-anatomische Achsenbeurteilung, weil kleinere Deviationen bedeutungslos sind.

Jede Operation wird durch das Einsetzen von mehreren Redon-Saugdrainagen abgeschlossen.

Bei allen Infektionspseudarthrosen (6 Fälle) wurde die Saugdrainage durch eine kontinuierliche Instillationsdrainage mit ½ bis ¼‰iger Chloromycetinlösung während 2 bis 10 Tagen, je nach dem Ausmaß der vorangegangenen Osteitis ergänzt.

Postoperative Behandlung: In keinem Fall war eine zusätzliche Gipsfixation notwendig, da die Druckplattenosteosynthese ausnahmslos zu einer absoluten Übungsstabilität führte, so daß die aktiven Bewegungsübungen sofort nach der Operation wieder aufgenommen werden konnten. Nach Pseudarthrosenoperationen an Humerus und Clavicula (17 Fälle) wurde zur Entlastung des Schultergelenkes eine Abduktionsschiene angelegt. Es zeigte sich, daß die aktive Frühmobilisation durch die Abduktionsschiene für den Patienten sogar erleichtert wurde.

Ergebnisse: In 58 Fällen war der postoperative Verlauf völlig komplikationslos. In 1 Fall kam es zu einem Spätinfekt wegen eines an der Facies medialis tibiae in die Tiefe perforierten Furunkels.

Bei der 16-Wochen-Kontrolle zeigte sich mit Ausnahme des infizierten Falles durchwegs gesicherte Knochenheilung. In 24 Fällen war der Pseudarthrosenspalt im Röntgenbild nicht mehr sichtbar. Von den Patienten mit Ober- und Unterschenkelpseudarthrosen hatten bei der 16-Wochen-Kontrolle bereits 16 ohne Stockhilfe voll belastet. Die 1-Jahreskontrolle ist in Tabelle 3 zusammengefaßt.

5. Zusammenfassung

Um bei der Pseudarthrose das optimale Behandlungsverfahren zu finden, muß eine genaue Analyse der Pathogenese vorausgehen. Einmal sind die Fehler in der biomechanischen Konstellation, welche zu der Pseudarthrose geführt haben, aufzudecken. Ferner ist zu untersuchen, wieweit nach den Empfehlungen von Judet die Pseudarthrose mehr dem reaktiven oder dem reaktionslosen Typus angehört.

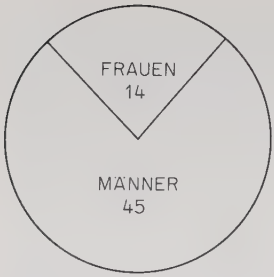
Die Pseudarthrosenbehandlung wird von zwei Grundproblemen beherrscht: einem mechanischen und einem biologischen.

Für die Lösung des mechanischen Problems wird man die Stabilisierung durch geeignete Implantate, vorab Marknagel und Zuggurtungsplatte als die zweckmäßigsten Behandlungsverfahren, die uns heute zur Verfügung stehen bezeichnen müssen, weil sie geschlossene Operationsverhältnisse zurücklassen und keine zusätzliche Gipsfixation erfordern.

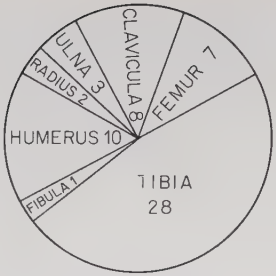
Das biologische Problem im engeren Sinne berührt die Frage der Verpflanzung. Grundsätzlich ist dieses Vorgehen nur in den Fällen mit reaktionslosen Pseudarthrosen notwendig, wobei sich frische autologe Spongiosa als der zuverlässigste Träger erweist.

Bei den reaktiven Pseudarthrosen genügt die Druckplatte allein, wobei der Druck zunächst stabilisierend wirkt, aus theoretischen Gründen aber auch funktionelle, d.h. gewebsdeterminierende Bedeutung haben dürfte.

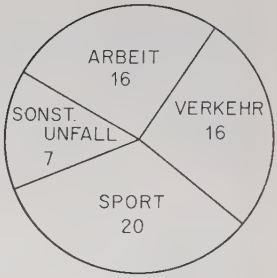
Die hervorragende und zuverlässige Wirkung der Druck- respektive Zuggurtungsplatte wird anhand der Nachkontrollen einer lückenlosen Behandlungsserie von 59 Pseudarthrosen der Röhrenknochen erläutert. In 58 Fällen führte die Druckplattenosteosynthese ohne jede Fehlleistung zur definitiven Verknöcherung, wobei in 14 Fällen gleichzeitig mit der Druckosteosynthese Achsenkorrekturen gemacht werden mußten. In 1 Fall blieb die Pseudarthrose wegen sekundärer Infektion bestehen.



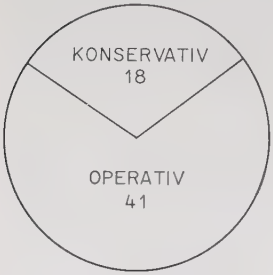
GESCHLECHTSVERTEILUNG



LOKALISATION



UNFALLURSACHE



PRIMÄRE VERSORGUNG

TABELLE 1

ZUSAMMENSTELLUNG NACH GESCHLECHT, LOKALISATION, UNFALLURSACHE UND PRIMÄRE VERSORGUNG

Pseudarthrosentyp	Operationsmethode	Zahl der Fälle
A. Pseudarthrosen *mit* Reaktion	Druckplattenosteosynthese	38
– Pseudarthrosen mit Stellungskorrektur	Druckplattenosteosynthese Distraktionskeil autologe Spongiosaauffüllplastik	14
– Infektpseudarthrose	Druckplattenosteosynthese antibiotische Dauerspüldrainage evtl. Distraktionskeil autologe Spongiosaauffüllplastik	6
B. Pseudarthrosen *ohne* Reaktion	Druckplattenosteosynthese autologer Spongiosaspan	1

Tabelle 2: Zusammenstellung der Operationsmethoden nach Pseudarthrosentyp

Knochenheilung:	58 Fälle sind klinisch und röntgenologisch geheilt. 1 Fall, der sekundär infizierte, zeigt eine persistirende Pseudarthrose.
Beschwerden:	57 Fälle sind völlig beschwerdefrei. 2 Patienten klagen über Wetterfühligkeit und vorzeitige Ermüdbarkeit.
Funktion:	50 Fälle zeigen eine volle und seitengleiche Funktion der proximal und distal der Frakturstelle gelegenen Gelenke. In 9 Fällen ist eine Funktionseinschränkung vorhanden, die aber gegenüber dem Zustand vor der Pseudarthrosenoperation in allen Fällen wesentlich verbessert ist.
Arbeit:	Alle 59 Patienten haben wieder gleiche Arbeit und gleichen Verdienst wie vor dem Unfall.
Hospitalisation:	Die Dauer der durchschnittlichen Hospitalisationszeit betrug: 15.7 Tage.
Arbeitsfähigkeit:	Durchschnittliche Dauer der vollen Arbeitsunfähigkeit (vom Zeitpunkt der Pseudarthrosenoperation an gerechnet) betrug: 112.3 Tage (= 16 Wochen).

Tabelle 3: Zusammenstellung der 1-Jahreskontrollen von 59 mit Druckplatten behandelten Pseudarthrosen

Literaturvezeichnis

Allgöwer, M.; Müller, M.E.; Schenk, R. und Willenegger, H.: Biomechanische Prinzipien bei der Metallverwendung am Knochen. Langenbecks Arch. klin. Chir. *305*, 1, 1963

Allgöwer, M.; Müller, M.E.; Schenk, R. und Willenegger, H.: Osteosynthese und primäre Knochenheilung. Langenbecks Arch. klin. Chir. *308*, 423, 1964

Bassett, C.L.; Creighton, D.K. and Stinchfield, F.E.: Contribution of endosteum, cortex and soft tissues to osteogenesis. Surg. Gynec. Obstet. *112*, 155, 1961

Bassett, C.L.; Creighton, D.K. and Stinchfield, F.E.: Current conceptions of bone formation. J. Bone Jt. Surg. *44A*, 1217, 1962

Böhler, L.: Das Erzeugen einer entsprechenden Verkürzung als wichtige Aufgabe der Knochenbruchbehandlung. Langenbecks Arch. klin. Chir. *273*, 754, 1953

Brascher, H.R.: Diagnosis and Prevention of non-union. J. Bone Jt. Surg. *47A*, 174, 1965

Danis, R.: Théorie et pratique de l'osteosynthèse. Masson, Paris 1949

Frost, H.M.: Bone remodelling dynamics. Charles C. Thomas, Springfield, III. 1963

Greifensteiner, H.: Die operative Behandlung der Unterschenkelbrüche mit verzögerter Kallusbildung unter besonderer Berücksichtigung der Kompressionsosteosynthese. Bruns Beitr. klin. Chir. *187*, 219, 1953

Herzog, K.: Fortschritte der Pseudarthrosenbehandlung durch Marknagelung. Bruns Beitr. klin. Chir. *207*, 42, 1963

Huwyler, J.: Die Pseudarthrosen nach Cerclagen der Unterschenkelfrakturen. Z. Unfallmed. Berufskr. *49*, 152, 1956

Judet, R.; Judet, J. et Roy-Camille, R.: La vascularisation des pseudarthroses des os longs d'après une étude clinique et expérimentale. Rev. Chir. orthop. *44*, 381, 1958

Krompecher, S.: Die Knochenbildung. Gustav Fischer, Jena 1937

Küntscher, G.: The Küntscher Method of Intramedullary Fixation. J. Bone Jt. Surg. *40A*, 17, 1950

Küntscher, G.: Der Heilungsvorgang bei der Pseudarthrose. Zbl. Chir. *84*, 49, 1959

Küntscher, G.: Behandlung der Unterarmpseudarthrosen. Chirurg, *32*, 37, 1961

Müller, M.E. und Allgöwer, M.: Zur Behandlung der Pseudarthrosen. Helv. chir. Acta *25*, 356, 1958

Müller, M.E. et Allgöwer, M.: Principes d'osteosynthèse. Helv. chir. Acta *28*, 198, 1961

Müller, M.E.; Allgöwer, M. und Willenegger, H.: Technik der operativen Frakturbehandlung. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg 1963

Müller, Joh.; Schenk, R. und Willenegger, H.: Experimentelle Untersuchungen über die Entstehung reaktiver Pseudarthrosen am Hunderadius. Helv. chir. Acta *35*, 301, 1968

Phemister, D.B.: Treatment of pseudarthrosis by simple bone graft without removal of callus. S. int. Chir. *8*, 713, 1948

Pauwels, P.: Grundriß einer Biomechanik der Frakturheilung. Verh. dtsch. orthop. Ges. 34. Kongreß 1940

Pauwels, P.: Eine neue Theorie über den Einfluß mechanischer Reize auf die Differenzierung der Stützgewebe. Z. Anat. Entwickl. Gesch. *121*, 478, 1960

Schenk, R. und Willenegger, H.: Zum histologischen Bild der sogenannten Primärheilung der Knochenkompakta nach experimentellen Osteotomien am Hund. Experientia *19*, 593, 1963

Schenk, R. und Willenegger, H.: Histologie der primären Knochenheilung. Langenbecks Arch. klin. Chir. *308*, 440, 1964

Schenk, R.; Müller, Joh. und Willenegger, H.: Experimentell-histologischer Beitrag zur Entstehung und Behandlung von Pseudarthrosen. H. z. Unfallheilk. *94*, 15 1968

Willenegger, H.: Fragen zur operativen Frakturbehandlung. Langenbecks Arch. klin. Chir. *276*, 173, 1953

Willenegger, H. und Roth, W.: Die antibakterielle Spüldrainage als Behandlungsprinzip bei chirurgischen Infektionen. Dtsch. med. Wschr. *30*, 1485, 1962

Willenegger, H.; Schenk, R.; Straumann, F.; Müller, M.E.; Allgöwer, M. und Krüger, H.: Methodik und vorläufige Ergebnisse experimenteller Untersuchungen über die Heilvorgänge bei stabiler Osteosynthese. Langenbecks Arch. klin. Chir. *301*, 846, 1962

Wray, J.B.: Factors in the Pathogenesis of non-union. J. Bone Jt. Surg. *47A*, 168, 1965

Lebenslauf

von Johannes Friedrich Müller

Am 31. Juli 1933 wurde ich als Sohn des Wilhelm Müller, von Birmenstorf AG, und der Margrit, geb. Döbeli, im Pfarrhaus in Ormalingen (BL) geboren.

Schulen:

Primarschule in Ormalingen
Knabenrealschule in Böckten
Math.-nat. Gymnasium in Basel
Matur Typ C, Frühling 1954

Studium:

Phil. II an der Universität Basel, Frühling 1954
Eidgenössische Lateinmatur, Herbst 1955
Im Herbst 1955 Beginn des Medizinstudiums an der Universität Basel, anwo das 1. und 2. Propädeuticum bestanden wurden.
Winter-Semester 1959–1960 Medizinstudium an der Universität Wien
Staatsexamen Herbst 1961 in Basel
Promotion zum Dr. med. an der Universität Basel, Frühling 1966